

§ 2.15 各种形式的测长、测厚传感器性能比较及发展方向

本章已对电阻式、电感式、电容式、核辐射式、超声式、微波式、激光式等各类长度、厚度传感器的工作原理、结构、主要性能等分别作了介绍。为了进一步了解它们的特点，用其所长。现将它们作一简单的综述和比较。

电阻式各类长度、厚度传感器，它们的结构简单，使用方便，输出信号大，应用范围广，精度较高，适宜于测量几毫米至几十毫米长度或厚度。但这类传感器由于因接触点的磨损，会

带来测量误差。从线路构成上来看,目前多为电桥式的,线路较简单。若采用恒流源供电,则可使各项指标有所提高,尤其是线性度。

电容式数字千分表、数字式游标卡尺和电容式测厚仪环形测孔,它们的测量精度较高,线性度好,量程范围宽。但要求传感器有一定屏蔽措施,以防杂散电容干扰。这类传感器除测量长、厚度、测孔外,还可以测量绝缘材料的含水量。如纸张、织物和木材等。

电感式各类长度、厚度传感器的精度高,已数字化显示,可与计算机接口。它们广泛用于各种机械设备的长、厚度参数的测量。其中电涡流式还可用来测量金属材料镀层厚度、绝缘材料导电层厚度及绝缘材料厚度。

核辐射式各类长度、厚度传感器,包括 α 、 β 、 γ 射线测厚和同位素单点对应物位计,均为非接触式测量。它们共同的特点是可以用于危险场合及高速运行物体的厚度(如热轧钢板和冷轧钢板厚度的测量,它们的运行速度在 $5\sim 37\text{m/s}$ 之间)测量。另外,可探测密封容器内的物位。这类传感器独特的优点是它们的分辨力较高。它们的共同弱点是射线对人体有害。因此,在使用过程中必须有相应的保护措施,以保人身安全。

超声式测厚、测物位传感器为非接触式测量。它们可用于危险场所。超声换能器寿命较高,它们对人体无害。透射式可用于测量有毒有腐蚀、高粘度流体及固体的料位。反散式可用于测金属镀层厚度。由于它有“盲区”存在,所以对小于“盲区”以内的物位(或距离)的测量有困难。

激光式测量是在上述所有测量法中精度最高的,其测量范围也大。由于激光具有和普通光线同样性质的一面,如反射、透射、折射、干涉等,又具有和普通光线不同性质的另一面,如它的能量集中、强度高、单色性好、扩散面小而方向性好等,因此激光传感器可用于强光照下和火焰照射下,甚至照射在 1500°C 左右的高温液态玻璃上,也能正常工作。它在各种工业设备的自控、军工中自动火炮的瞄准、动目标的自动跟踪以及作标准计量工具等方面都得到了应用。不过由激光传感器构成的测量系统,设备较复杂。这是它的美中不足之处。

光电式反射法、透射法及准直定位均为非接触式测量,测量精度虽不及激光式,但设备简单,也颇常用。尤其是光电式轮廓传感器和光电跟踪图形传感器,它们可以配合机械装置将被测对象的概貌直接反映出来。

空气测微计是利用气源作动力,可测量孔径、圆筒的纯直情况。它可用于易燃易爆的工作环境。

光纤式图像传感器能直接经光学系统和光纤传感器复现原图尺寸,既形象又逼真。但温度变化时,对光纤其性能影响较大。

临近传感器作为人体行走(或手动)定距,保证人身安全操作,都有着极为重要的意义。它的性能可靠,设备也简单。

由于各种检测仪表目前都在向重量轻、体积小、智能化、高精度、宽量程、多用途、集成化、高速化等方向发展,这就要求传感元件相应地发展。在实际应用中,往往利用多种原理构成新型传感元件。如核辐射式,最近发展为将光导纤维及放射性传感元件二者合为一体,构成功能式光纤传感器。又如微波式在向集成化微波元件发展。激光式的关键部件为激光管,正在进一步采取措施在电路方面进行稳频,提高其稳定性。

为了提高精度,各种传感技术广泛应用光学、电学的细分原则,进行更精细的细分。

本章所述的各类长度、厚度传感器的主要性能汇总列于表2.15.1中。

表 2.15.1 各种形式的测长、测厚传感器的主要性能汇总表

原 理	量 程	精 确 度	线性度	分辨力(分辨率)	优 点	缺 点	
电阻应变计	0~25mm	0.01~0.05%	0.03%	(0.1~0.2%)	精确度高, 输出稳定可靠, 适用温度范围宽	配用二次仪表较为复杂, 高精度时, 贴片工艺要求较高	
电 容 式	数字千分表	几个至几十个毫米	0.3μm		0.1μm	精确度高, 量程范围宽, 线性度好	要求有一定屏蔽措施
	数字式游标卡尺	100~几百mm	0.02~0.05mm		0.01mm		
	测厚仪	200μm(间隙)			0.01μm		
	环 形 测 孔				0.01~0.001μm	结构简单, 精度高, 分辨力好, 线性好	量程小, 可测小孔径
电 感 式	差动电感式或螺管形差动变压器式	100 多mm	0.2%	0.1%	最高0.01μm	精确度高, 数字显示, 可和计算机联	价格较机械式千分表要贵
	数字式千分卡尺	最大2m	0.2%	0.2%	最高0.1μm	量程宽, 精确度高, 可和计算机联	价格较机械式千分卡尺要贵, 分辨力较差, 电感式数字千分表要稍低
电涡流式	1~100mm	3%	1~3%	0.1μm	结构简单, 非接触式测量, 耐油污, 耐水	精确度不高, 易漂移	
核 辐 射 式	α 射线绕线测厚	10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁶ mm	1%	2%	(1%)	可测晶体品格面间距, 微小厚度, 非接触测量	线性度较差, 设备复杂
	电离室(²⁴¹ Am源β射线)	20~120g/m ²			测厚灵敏度(10 ⁻¹⁰ A·g/m ²)	非接触式测量, 绝缘电阻大(大于10 ¹² Ω)	射源对人体有害, 需有安全措施
	α 射线测厚(透射式)	1~10mm(钢板厚)	1%	2%	(1%)	非接触式测量, 可测高速轧钢时钢板厚度(5~37m/S)	同 上
	β 射线测厚(透射式)	质量厚度3000~8000mg/cm ² (折合6~100mm钢板厚度)	±0.2%~±0.75%	1~2%	(1%)	较α射线测厚大, 而量程宽, 精确度高, 非接触式测量	除上述相同点外, 还需增加线性化措施, 超过射源半衰期后, 误差较大(这时需更换射源)
	β 射线及散射测厚	100~200mg/cm ²	1~2%	1~2%	(1%)	可测镀层厚度, 非接触测量	量程范围小, 精确度差, 需有安全措施

续表

原 理		量 程	精 确 度	线性度	分 辨 力 (分 辨 率)	优 点	缺 点
核 辐 射 式	γ 射线 测厚	30~40mm (钢板厚)	测<1mm厚 时, 为 0.1 mm, 测 10~ 30mm 厚时, 为1%, 测30 ~40mm 厚 时, 为0.3mm	1~2%	(1%)	穿透钢板能力 最强, 量程范围 宽, 非接触式测 量	需有安全措施, 射源超过半衰期需 更换射源
	单点对应 物位计	300~500mm (水)	1~2%	1~2%	(1%)	安装简单 调整方便	测量范围窄
超 声 式	单探头 物位计	毫米~万米	没有校正具时 1% 有校正具时 0.1%			可进行非接触 式测量, 测量精 度高, 能用于危 险场所, 换能器 寿命长	不能测小于盲区 的距离, 液体波浪 大时, 误差大
	双探头法 物位计	毫米~万米	同 上			同上, 但盲区 很小	同 上
	测厚仪	<10m	同 上		$\pm 0.2\text{mm}$	同上	同 上
激 光 式	全息显 微测长	45×60mm (全息图尺寸)	0.2~0.01%		$\alpha\mu\text{m}$ (显微镜分辨力)	精度高, 分辨 力强, 可从全息 图上测得所需尺 寸, 非接触测量	被测物尺寸受 全息图尺寸限制
	调制法 测距	白天测距 30km 夜间测距 80 km			$\pm 1\text{mm}$ (最高)	测量范 围 宽, 分辨力高	空气折射率变 化时, 影响测量 精度, 设备复杂
	雷达测 距	数千 km			10cm	可远程测距, 分辨力高	设备复杂、庞大
	扫描法 测厚	数 米			$3\times 10^{-6}\text{cm}$	分辨力高, 量 程范围宽	需用光学细分 法细分, 电路复 杂
	衍射法 测镀层 厚度	镀 层 厚 10~50 μm (材料基体 直径0.5~ 200 μm)	1%			非接触式测量, 可测金属、非金 属、透明体材料 镀层厚度	当被测物体直 径过大时, 不产 生衍射条纹
	量子干 涉测长	40cm	1%		10^{-11}cm	将尺寸测量变 为频率测量, 量 程大, 分辨力高	精确度一般
光 电 式	反射法 检测表 面缺陷	可加机械 移动装置, 扩大检测面	1%			非接触式, 装 置简单	精度一般
	透射法 测孔径 尺寸	一般为几 毫米至几厘 米	1%			同 上	同 上
	准直定位		1%			同 上	同 上

续表

原 理		量 程	精 确 度	线性度	分 辨 力 (分 辨 率)	优 点	缺 点
光 电 式	轮廓传感器	可测表面凸凹不平, 最大量程为±13μm 被测物长度不限	(绝对误差最大为0.25 μm) 一般为1%	± (1~2%)	1μm	非接触式测量, 可检验机械部件表面光洁度	只能在一维座标轴上移动被测物体
	跟踪图形	跟踪图形尺寸与扫描盘尺寸同			与光电检测元件的分辨力同	可二维跟踪、仿形, 可测各种奇异形尺寸	图形尺寸大小受扫描圆盘尺寸大小限制, 分辨力受光电检测元件分辨力限制
空气测微计		0.1mm		0.5%	0.1μm	非接触式, 可用于易燃易爆环境, 测小孔径尺寸及钝圆度	精度一般
光纤式图象传感器		可传输图形数十米				非接触式, 可直观检测尺寸	温度对性能影响大
微波式	测 厚	6mm	1%		0.01mm	非接触式, 性能稳定	精确度不太高, 量程范围小
	测物位	几毫米至几米	2%			量程范围大, 性能稳定	精确度不高
临近传感器		几厘米至几十厘米				结构简单, 工作可靠, 非接触式定距检测	限于人体或金属导体临近时起作用

参 考 文 献

[1] 《工程检测技术》，陈守仁主编，中央广播电视大学出版社，1984年5月第一版。

[2] 《仪器分析》，蒋光中编著，香港新兴图书公司出版，1979年3月版。

[3] 《微波技术基础》，北京邮电学院微波专业编，人民邮电出版社，1976年2月第一版。

[4] 《电子通信ハンドブック》，电子通信学会编，オーム社书店株式会社，1979年3月30日第一版。

[5] 《化工测量仪表》，《化工测量及调节仪表》编写组，上海人民出版社，1977年4月第一版。

[6] 《国外计量》，《国外计量》编辑部编辑，计量出版社出版，1980年第2期、第3期、第4期、第6期。

[7] 物位测量仪表，秦永烈编，机械工业出版社，1978年1月第一版。

[8] 《セニサ活用事例集》，青木 顺治，日本レギュレーター(株)，p48~p49。

[9] 《体效应半导体器件》，片冈照荣馆野 博著，科学出版社，1973年10月，第一版。

